

**Panduan standar iradiasi produk daging dan unggas
olahan dalam kemasan untuk mengendalikan
mikroorganisme patogen dan mikroorganisme
lainnya**

(ASTM E2449 – 05 (*Reapproved* 2013), IDT)



*"This Standard is identical to **ASTM E2449-05 (Reapproved 2013)**, Standard guide for irradiation of pre-packaged processed meat and poultry products to control pathogens and other microorganisms, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken PA 19428 USA.*

Reprinted by permission of ASTM International."

*ASTM International has authorized the distribution of this translation of **SNI 8276:2015**, but recognizes that the translation has gone through a limited*

Daftar Isi

Daftar Isi	3
Prakata	4
Pendahuluan.....	1
1 Lingkup	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	3
4 Signifikansi dan Penggunaan	3
5 Penanganan produk sebelum iradiasi	4
6 Kemasan dan konfigurasi muatan produk	5
7 Iradiasi	5
8 Pelabelan, Penanganan dan Penyimpanan Pasca Iradiasi.....	7
9 Kriteria untuk Menilai Efektivitas Proses Radiasi dalam Mengendalikan Bakteri Patogen, Parasit dan Organisme Pembusuk (lihat CAC/GL 21-1997 (16))	8
10 Dokumentasi.....	8
11 Kata kunci	9
Lampiran (Informatif)	10
Bibliografi	12
Gambar 1 Logo Radura	8
Tabel X1.1 Nilai D_{10} (kGy) untuk Bakteri Patogen bawaan pangan dalam Daging dan Unggas pada Suhu Iradiasi 5°C dan -20°C	10

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8276:2015 dengan judul Panduan standar iradiasi produk daging dan unggas olahan dalam kemasan untuk mengendalikan mikroorganisme patogen dan mikroorganisme lainnya merupakan adopsi identik dari ASTM E2449-05 (*Reapproved 2013*), *Standard Guide for Irradiation of Pre-packaged Processed Meat and Poultry Products to Control Pathogens and Other Microorganisms* dengan metode terjemahan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 67-05, Pangan Iradiasi. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat konsensus nasional di Jakarta, pada tanggal 1 September 2015. Konsensus ini dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari produsen, konsumen, pakar dan pemerintah.

Dalam standar ini telah dilakukan perubahan editorial berupa penulisan tanda titik diganti menjadi tanda koma untuk penulisan bilangan.

Terdapat standar ISO/ASTM dan standar *Codex Alimentarius* yang digunakan sebagai acuan dalam standar ini telah diadopsi menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai berikut:

- ISO/ASTM 51261, *Practice for Calibration of Routine Dosimetry Systems for Radiation Processing* telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO/ASTM 51261:2014, *Kalibrasi sistem dosimetri rutin untuk pemrosesan dengan radiasi*.
- ISO/ASTM 51431, *Practice for Dosimetry in Electron Beam and X-Ray (Bremsstrahlung) Irradiation Facilities for Food Processing* telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO/ASTM 51431:2010, *Praktik untuk dosimetri pada fasilitas iradiasi berkas elektron dan sinar-X (bremsstrahlung) untuk pengolahan makanan*.
- ISO/ASTM 51204, *Practice for Dosimetry in Gamma Irradiation Facilities for Food Processing* telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO/ASTM 51204:2010 *Praktik untuk dosimetri pada fasilitas iradiasi gamma untuk pengolahan makanan*
- CAC/RCP 1-1969, Rev. 3-1997, Amd. 1999, *A Recommended International Code of Practice, General Principles of Food Hygiene* telah diadopsi secara identik menjadi SNI CAC/RCP 1:2011 *Rekomendasi Nasional Kode Praktis - Prinsip umum higiene pangan*

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ASTM E2449-05 (*Reapproved 2013*) dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.

Panduan Standar Iradiasi Produk Daging dan Unggas olahan dalam kemasan untuk mengendalikan Mikroorganisme Patogen dan Mikroorganisme lainnya¹

Pendahuluan

Tujuan dari Panduan ini adalah untuk menyajikan informasi tentang penggunaan radiasi pengion guna menghilangkan atau mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dan parasit dan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme pembusuk pada daging dan unggas olahan. Informasi tentang penanganan daging dan unggas olahan sebelum dan sesudah iradiasi juga diberikan.

Panduan ini dimaksudkan sebagai rekomendasi dalam menggunakan teknologi iradiasi untuk memenuhi persyaratan badan pengawas berwenang. Standar ini tidak dimaksudkan untuk menetapkan persyaratan yang kaku dalam penggunaan iradiasi. Meskipun penggunaan iradiasi harus memenuhi persyaratan penting tertentu untuk mencapai tujuan perlakuan, beberapa parameter dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan proses.

Panduan ini telah dibuat dari *Code of Good Irradiation Practice* yang diterbitkan oleh International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI) di bawah naungan *Food and Agriculture Organization (FAO)*, *the World Health Organization (WHO)*, and *the International Atomic Energy Agency (IAEA)*. (1)²

1 Lingkup

1.1 Panduan ini menguraikan prosedur untuk iradiasi pada produk daging dan unggas dingin dan beku olahan dalam kemasan.

CATATAN 1 The Codex Alimentarius Commission mendefinisikan "daging" (termasuk unggas peliharaan dan liar) sebagai "bagian yang dapat dimakan dari setiap mamalia yang dipotong di rumah pemotongan hewan," dan "daging unggas" sebagai "bagian yang dapat dimakan dari unggas peliharaan yang dipotong selain di rumah pemotongan hewan, termasuk ayam, kalkun, bebek, angsa atau burung merpati." (CAC / RCP 13-1976)

CATATAN 2 Peraturan negara Amerika yang berlaku membatasi definisi spesies hewan ternak yaitu sapi, domba, babi, kambing, keledai, kuda atau sejenisnya dan spesies unggas yaitu ayam, kalkun, bebek, dan angsa (2, 3).

1.2 Panduan ini ditujukan untuk semua produk daging dan unggas dingin dan beku yang tidak tercakup dalam Pedoman ASTM F1356.

1.3 Panduan ini memberikan informasi mengenai dosis serap yang digunakan untuk inaktivasi parasit dan mengurangi jumlah bakteri. Dosis tersebut biasanya kurang dari 10 kilogray (kGy).

¹ Panduan ini berada di bawah yurisdiksi dari ASTM Komite E61 pada Proses Radiasi dan merupakan tanggung jawab langsung dari Sub-komite E61.05 tentang Pangan Iradiasi.

Edisi ini disetujui 1 Januari 2013 dan diterbitkan Januari 2013. Awalnya disetujui pada tahun 2005. Terakhir edisi sebelumnya yang disetujui pada tahun 2005 sebagai -05. DOI: 10,1520 / E2449-05R13.

² Nomor tebal dalam tanda kurung merujuk pada daftar referensi di akhir standar ini

2 Acuan normatif

2.1 ASTM Standards:³

E170 Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry

F1356 Practice for Irradiation of Fresh and Frozen Red Meat and Poultry to Control Pathogens and Other Microorganisms

F1640 Guide for Selection and Use of Packaging Materials for Foods to Be Irradiated

E2232 Guide for Selection and Use of Mathematical Methods for Calculating Absorbed Dose in Radiation Processing Applications

E2303 Guide for Absorbed-Dose Mapping in Radiation Processing Facilities

2.2 ISO/ASTM Standards:³

51204 Practice for Dosimetry in Gamma Irradiation Facilities for Food Processing

51261 Guide for the Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing

51431 Practice for Dosimetry in Electron and X-ray (Bremsstrahlung) Irradiation Facilities for Food Processing

51539 Guide for the Use of Radiation Sensitive Indicators

2.3 Codex Alimentarius Commission Recommended International Codes of Practice and Standards:⁴

CAC/RCP 13-1976, Rev. 1985 - Recommended International Code of Hygienic Practice for Processed Meat and Poultry Products

CAC/RCP 1-1969, Rev. 3-1997, Amd. 1999, A Recommended International Code of Practice, General Principles of Food Hygiene

CAC/RCP 19-1979, Rev. 2003 Recommended International Code of Practice for Radiation-processing of Food

CX STAN 1-1985, Rev. 1991, Amd. 2001 - General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods

CX STAN 106 –1983, Rev. 2003 - General Standard for Irradiated Food

CAC/GL21-1997 Principles for the establishment and application of microbiological criteria for Food

³ Untuk standar ASTM yang diacu, kunjungi situs web ASTM, www.astm.org, atau hubungi Customer Service di ASTM service@astm.org. Untuk Buku Tahunan informasi volume Standar ASTM, lihat halaman rangkuman Dokumen standar di website ASTM.

⁴ Tersedia di *Joint FAO / WHO Food Standards Programme, Joint Office, FAO, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.*

3 Istilah dan definisi

3.1 Definisi

3.1.1 Istilah lain yang digunakan dalam panduan ini didefinisikan di dalam terminologi Standar ASTM E170.

3.1.2 Dosis serap - Jumlah energi radiasi pengion per satuan massa bahan tertentu. Standar Internasional untuk dosis serap dinyatakan dalam satuan gray (Gy), yang mana 1 Gray setara dengan absorpsi 1 Joule per kilogram bahan tertentu ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$).

3.1.2.1 Pembahasan - Definisi standar dosis serap terdapat di dalam terminologi standar ASTM E170.

3.1.3 Nilai D_{10} - Dosis serap yang diperlukan untuk mengurangi populasi mikroba dalam pangan sebesar 90 % ($1 \log_{10}$).

3.1.4 Distribusi dosis - Variasi dosis serap di dalam muatan proses yang disinari dengan radiasi pengion.

3.1.5 Muatan proses - sejumlah bahan dengan konfigurasi muatan spesifik yang diiradiasi sebagai satu kesatuan.

3.1.6 Sistem transportasi - sistem konveyor atau mekanik lainnya yang digunakan untuk membawa muatan proses melewati ruang iradiasi

4 Signifikansi dan Penggunaan

4.1 Tujuan utama dari iradiasi adalah untuk mengurangi jumlah bakteri patogen, seperti *Campylobacter*, *Escherichia coli* 0157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* atau *Salmonella spp*, dalam daging dan unggas olahan untuk membuat pangan ini lebih aman untuk dikonsumsi manusia.

CATATAN 3 Dosis radiasi pengion di bawah 10 kGy akan mengurangi tetapi tidak menghilangkan spora bakteri patogen termasuk spora *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens* dan *Bacillus cereus*.

4.2 Perlakuan iradiasi dapat memperpanjang masa simpan daging dan unggas olahan dengan mengurangi jumlah bakteri pembusuk vegetatif, seperti spesies *Pseudomonas* dan bakteri asam laktat.

4.3 Perlakuan iradiasi juga untuk inaktivasi parasit seperti *Trichinella spiralis* dan *Toxoplasma gondii*.

4.4 Proses radiasi pada produk akhir dalam kemasannya adalah titik kendali kritis (CCP) pada konsep analisis bahaya pada titik kendali kritis (HACCP) untuk produksi daging dan unggas olahan. Proses ini merupakan upaya penting untuk mengendalikan risiko residu dari mikroorganisme patogen sebelum produk mencapai konsumen.

4.5 *Recommended International Code of Practice for Radiation-processing of Food* (CAC/RCP 19-1979) dari *Codex Alimentarius* mengidentifikasi praktek-praktek penting untuk diterapkan dalam mencapai proses radiasi yang efektif pada pangan, secara umum, dengan cara menjaga kualitas dan menghasilkan produk pangan yang aman dan layak untuk dikonsumsi.

5 Penanganan produk sebelum iradiasi

5.1 Produk sebaiknya ditangani dalam suatu lingkungan yang tidak meningkatkan risiko kontaminasi dari bahaya fisik, kimia atau biologis. Standar yang relevan seperti Cara Produksi yang Baik (GMP), seperti *U.S. Food and Drug Administration (FDA) GMPs (4)*, *U.S. Food Safety and Inspection Service (FSIS), Standard Sanitary Operating Procedures (SSOPs) (5)*, *CAC Recommended International Codes of Practice, (CAC/RCP 13-1976 and CAC/RCP 1-1969) (see 2.3)* dan *HACCP (6, 7)* sebaiknya diterapkan untuk meminimalkan kontaminasi dan pertumbuhan mikroba.

5.2 Pemeriksaan sebelum iradiasi - Periksa kemasan dan wadah daging dan unggas olahan pada saat diterima di fasilitas iradiasi untuk memastikan bahwa produk ini sesuai untuk diiradiasi (lihat 5.2.1, 5.2.2, dan 5.2.3). Kriteria keberterimaan tertulis untuk suhu keutuhan kemasan dan frekuensi pemeriksaan produk, jika berlaku, sebaiknya ditetapkan oleh pemilik produk dan disetujui oleh manajemen fasilitas iradiasi sebelum menerima produk. Demikian juga kriteria untuk penanganan produk yang tidak sesuai untuk iradiasi sebaiknya ditetapkan.

5.2.1 Suhu produk – Setelah produk diterima, ukur suhu produk dengan alat sensor suhu terkalibrasi, pada lokasi dan frekuensi yang telah ditentukan dalam HACCP dan GMP. Suhu sebaiknya antara -2°C dan +4°C untuk daging dan unggas olahan dingin atau -18°C atau lebih rendah untuk daging dan unggas olahan beku.

5.2.2 Keutuhan kemasan – lakukan pemeriksaan visual pada kemasan produk untuk memastikan produk telah sesuai atau tidak rusak.

5.2.3 Inventori produk – hitung jumlah wadah dan verifikasi deskripsi/identifikasi produk yang akan diiradiasi dan bandingkan dengan dokumentasi dari pemilik produk. Perbandingan jumlah sebelum iradiasi dengan jumlah setelah iradiasi harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua produk yang diterima telah diiradiasi.

5.2.4 Identifikasi produk - kode identifikasi yang unik untuk melacak produk selama proses iradiasi sebaiknya diterbitkan dan dicatat untuk produk yang masuk.

5.3 Penyimpanan sebelum iradiasi

5.3.1 Daging dan unggas olahan dingin - Persyaratan utama untuk penyimpanan sebelum iradiasi adalah menjaga suhu produk antara -2°C dan +4°C tanpa pembekuan. Penyimpanan sebelum iradiasi di fasilitas iradiasi sebaiknya diminimalkan sekitar satu hari atau kurang, bila memungkinkan.

CATATAN 4 Penyimpanan produk dalam pendingin untuk waktu yang terlalu lama melanggar prinsip-prinsip GMP karena perlakuan tersebut dapat mengakibatkan pertumbuhan berlebih bakteri psikotropik dan perubahan yang tidak diinginkan dalam produk.

5.3.2 Daging dan unggas olahan beku – Jaga suhu produk harus selalu pada atau di bawah -18°C. Waktu penyimpanan beku yang relatif singkat sebelum iradiasi tidak terlalu kritis dalam kondisi normal komersial. Namun, proses pembekuan tidak memberikan masa simpan produk tak terbatas tanpa kehilangan kualitas, dan karena itu periode penyimpanan sebelum iradiasi sebaiknya diminimalkan.

5.4 Pemisahan Produk - pemeriksaan visual tidak selalu bisa diterapkan untuk membedakan produk sebelum dan sesudah iradiasi. Oleh karena itu, cara yang menyatu

dengan disain fasilitas, seperti pembatas fisik atau area bertingkat yang jelas, digunakan untuk memastikan pemisahan produk yang belum diiradiasi dengan produk yang sudah diiradiasi.

CATATAN 5 Indikator peka radiasi menunjukkan perubahan warna bila terpapar radiasi pada rentang dosis tertentu. Indikator ini sangat berguna dalam fasilitas iradiasi sebagai penanda visual untuk menentukan bahwa suatu produk telah dipapar radiasi. Indikator tersebut bukan dosimeter untuk mengukur dosis serap dan tidak boleh digunakan sebagai pengganti dosimetri yang sesuai. Informasi tentang sistem dosimetri dan penggunaan yang tepat dari indikator peka radiasi diberikan dalam Pedoman ISO/ASTM 51261 dan 51539.

6 Kemasan dan konfigurasi muatan produk

6.1 Bahan kemasan

6.1.1 Gunakan bahan kemasan yang sesuai untuk produk dengan mempertimbangkan setiap proses yang direncanakan (termasuk iradiasi) dan konsisten dengan persyaratan peraturan (lihat Pedoman ASTM F1640). Bahan kemasan sebaiknya memberikan permeabilitas gas dan kelembaban yang tepat untuk menjaga kualitas produk.

6.1.2 Untuk daging dan unggas beku olahan, kemasan sebaiknya terbebas dari rongga atau ruang terbuka. Ruang tersebut dapat menyebabkan bentuk pengeringan yang dikenal sebagai kerusakan beku.

6.2 Konfigurasi muatan produk

6.2.1 Ukuran, bentuk, densitas dan konfigurasi muatan proses yang akan diiradiasi sebaiknya ditentukan lebih dulu dengan mempertimbangkan parameter desain dari fasilitas iradiasi. Parameter desain kritis mencakup karakteristik sistem transportasi produk dan karakteristik sumber radiasi yang berkaitan dengan distribusi dosis yang diperoleh dalam muatan proses.

6.2.2 Distribusi dosis dalam muatan proses dapat dioptimalkan dengan menggunakan kemasan produk yang geometrisnya ditetapkan dengan baik dan dimuat secara seragam. Dengan fasilitas iradiasi tertentu, hal ini diperlukan untuk membatasi penggunaan bentuk ukuran dan kemasan tertentu yang bergantung pada densitas produk dan pengujian validasi pada densitas produk yang diketahui. (lihat Pedoman ISO/ASTM Praktek 51204 dan 51431).

6.2.3 Spesifikasi dosis produk yang ditetapkan sebaiknya diperhitungkan ketika menentukan konfigurasi muatan produk yang sesuai (7.4).

7 Iradiasi

7.1 Standar Operasional Prosedur (SOP) - Suatu SOP untuk pangan iradiasi adalah prosedur tertulis yang digunakan untuk memastikan bahwa rentang dosis serap dan kondisi iradiasi yang dipilih oleh operator radiasi memadai pada kondisi pemrosesan komersial untuk mencapai efek yang diinginkan pada produk tertentu di fasilitas tertentu. Prosedur harus ditetapkan oleh personel terqualifikasi yang memiliki pengetahuan dalam persyaratan iradiasi khusus untuk pangan dan fasilitas iradiasi (21 CFR 179.25).

7.2 Sumber radiasi - Sumber radiasi pengion yang dapat digunakan dalam iradiasi produk pangan terbatas pada hal berikut: (lihat CX STAN 106-1983)

7.2.1 Isotop – sumber sinar gamma dari radionuklida ^{60}Co (1,17 MeV dan 1,33 MeV) atau ^{137}Cs (0,66 MeV);

7.2.2 Mesin – sumber sinar-X dan elektron dipercepat.

CATATAN 6 *Codex Alimentarius Commission* serta peraturan di beberapa negara saat ini membatasi energi elektron maksimum dan energi sinar-X nominal untuk tujuan iradiasi pangan (CX STAN 106-1983).

7.3 Sistem Dosimetri - Pilih dan kalibrasi sistem dosimetri yang sesuai untuk sumber radiasi yang digunakan, rentang dosis serap yang diperlukan, dan kondisi lingkungan (misalnya suhu produk, suhu ruang iradiasi) yang diharapkan selama iradiasi (lihat Pedoman ISO/ASTM 51204, 51261 dan 51431) **(8)**.

7.4 Dosis serap

7.4.1 Dosis serap yang diperlukan untuk mencapai efek tertentu: Pemilik produk daging atau unggas olahan harus memberikan batas dosis serap minimum dan maksimum yang dibutuhkan **(9)**: dosis minimum diperlukan untuk memastikan efek yang diinginkan (misalnya pengurangan muatan mikroba, inaktivasi mikroorganisme patogen), dan dosis maksimum yang tidak berpengaruh negatif terhadap kualitas produk melalui pembentukan perubahan citarasa, aroma dan warna **(8, 9)**. Salah satu atau kedua batas ini dapat ditetapkan oleh pihak pemerintah untuk diaplikasikan. Kepekaan terhadap iradiasi produk daging dan unggas olahan bervariasi dengan jenis dan formulasi produk, kondisi kemasan, suhu produk selama iradiasi, dan faktor lainnya. Pengalaman menunjukkan bahwa dosis minimum yang lebih tinggi mungkin diperlukan untuk produk beku dibandingkan dengan produk yang diiradiasi dalam kondisi didinginkan untuk mencapai tujuan yang sama yang diinginkan.

7.4.2 Dosis serap untuk pengendalian bakteri patogen - Bakteri patogen yang mungkin ada di dalam atau di permukaan produk daging dan unggas olahan, mencakup spesies *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157: H7, *Staphylococcus aureus*, dan *Listeria monocytogenes*. Dosis serap yang diperlukan untuk mengurangi jumlah bakteri ini ke tingkat yang sepadan dengan produk yang aman untuk dikonsumsi bergantung pada sejumlah kriteria. Rentang dosis serap yang diperlukan sebaiknya ditetapkan atas dasar kandungan mikroba dalam produk yang belum diiradiasi, sensitivitas bakteri yang ada terhadap radiasi, suhu produk selama iradiasi, kondisi sekitar kemasan produk yang dikendalikan selama iradiasi, dan peraturan atau persyaratan pelanggan untuk jumlah bakteri residu yang dapat diterima. Lampiran X1 memberikan beberapa informasi, yang diambil dari literatur ilmiah, tentang sensitivitas bakteri patogen vegetatif utama terhadap radiasi (nilai D_{10}) yang ditemukan dalam produk daging dan unggas olahan.

7.4.3 Dosis serap untuk inaktivasi parasit – Sebagian besar parasit menjadi tidak infeksiif dengan dosis serap kurang dari 1 kGy. Dosis serap efektif minimum akan bergantung pada parasit tertentu yang akan dilakukan inaktivasi **(10-14)**.

7.4.4 Dosis serap untuk perpanjangan masa simpan - Dosis serap yang menghasilkan perpanjangan masa simpan produk daging dan unggas olahan bergantung pada tingkat awal kandungan bakteri dan sensitivitas bakteri yang ada terhadap radiasi.

7.4.5 Fasilitas iradiasi bertanggung jawab untuk memberikan dosis serap yang diperlukan dalam rentang tertentu (lihat Pedoman ISO/ASTM 51204 dan 51431).

7.5 Dosimetri rutin produk - Penggunaan dosimetri adalah bagian dari proses verifikasi untuk menetapkan bahwa proses iradiasi terkendali. Sebelum melakukan dosimetri rutin produk, maka perlu untuk melakukan pemetaan dosis serap produk (lihat Pedoman ISO/ASTM 51204 dan 51431, dan ASTM E2232 dan E2303).

7.5.1 Verifikasi bahwa produk secara rutin menerima dosis serap yang diperlukan dengan menggunakan prosedur pengukuran dosimetri yang tepat, bersama dengan kendali statistik dan dokumentasi yang sesuai.

7.5.2 Letakkan dosimeter di dalam atau di permukaan muatan proses pada lokasi dosis serap maksimum dan minimum (D_{\max} dan D_{\min}). Lokasi ini diidentifikasi dalam pengujian pemetaan dosis serap produk. Jika lokasi D_{\max} dan D_{\min} tidak dapat diakses, tempatkan dosimeter di lokasi acuan yang nilai-nilai dosisnya telah diketahui dan memiliki hubungan terukur terhadap dosis ekstrem (lihat Pedoman ISO / ASTM 51204 dan 51431)

7.6 Suhu Produk

7.6.1 Ukur dan dokumentasikan suhu produk ketika masuk ke dalam dan keluar dari ruang iradiasi untuk memastikan bahwa persyaratan SOP fasilitas telah terpenuhi.

7.6.2 Jika suhu ruang iradiasi dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai hasil dosis serap yang diinginkan menimbulkan kenaikan suhu di luar batas yang ditentukan, maka kondisi proses tidak terpenuhi. Perubahan yang sesuai dengan proses diperlukan dan dapat mencakup penyekatan muatan proses atau pendinginan ruang iradiasi. Jika produk disekat selama iradiasi, maka muatan proses yang ditambah bahan penyekat perlu dikarakterisasi kembali distribusi dosis serapnya.

CATATAN 7 Mengendalikan suhu produk sangat penting dalam proses radiasi sebagai intervensi keamanan pangan karena bakteri berkembang biak lebih cepat dengan kenaikan suhu. Sebagai contoh, jumlah *Listeria* dalam produk daging atau unggas olahan jumlahnya menjadi berlipatganda lebih cepat pada suhu kamar, dari pada suhu dingin (15).

7.7 Iradiasi ulang - Iradiasi ulang pada umumnya tidak dianjurkan karena kemungkinan melebihi dosis serap maksimum yang disarankan. Aplikasi tambahan dari dosis serap tertentu tidak dianggap sebagai iradiasi ulang. Jaga produk yang telah menerima sebagian dari total dosis yang ditentukan terpisah dari produk yang belum diiradiasi dan produk yang persyaratan dosisnya telah dipenuhi.

8 Pelabelan, Penanganan dan Penyimpanan Pasca Iradiasi

8.1 Pemeriksaan pasca iradiasi - Periksa kemasan atau wadah daging dan unggas olahan setelah iradiasi untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi kriteria keberterimaan tertulis (keutuhan kemasan, jumlah, dll).

8.2 Pelabelan pasca iradiasi - Beberapa konsumen dan pengolah pangan mungkin ingin memilih antara produk yang diiradiasi dan non-iradiasi, karena itu banyak negara telah mengadopsi persyaratan pelabelan (lihat 5.2 dari CX STAN 1-1985). Pelabelan mengidentifikasi produk teriradiasi dan dapat menginformasikan konsumen tentang tujuan dan manfaat dari perlakuan serta penanganan atau persyaratan penyimpanan (8.3, 8.4).

CATATAN 8 Persyaratan pelabelan berbeda antar negara. Pengguna harus selalu menghubungi pihak yang berwenang sebelum merancang bahan pelabelan. Semakin banyak negara yang mengadopsi simbol "Radura" yang diakui secara internasional sebagai sarana pelabelan (lihat Gambar.1). Di beberapa negara, misalnya Amerika Serikat (21 CFR 179.26), simbol tersebut harus disertai dengan pernyataan, seperti "Perlakuan dengan Radiasi" atau "Perlakuan dengan Iradiasi."

8.3 Penanganan pasca iradiasi - Penanganan produk daging dan unggas olahan di fasilitas iradiasi sebaiknya sesuai dengan GMP yang relevan dan terkini. Pembatas sebaiknya tersedia untuk memastikan pemisahan produk iradiasi dan non-iradiasi. Inspeksi

secara visual tidak selalu dapat membedakan produk iradiasi dari non-iradiasi. Oleh karena itu menjadi penting bahwa sarana yang tepat, seperti pembatas fisik, atau area bertingkat yang jelas, digunakan untuk menjaga produk non-iradiasi terpisah dari produk iradiasi.

8.4 Penyimpanan pasca iradiasi - Simpan produk setelah iradiasi dengan cara yang sama seperti produk yang belum iradiasi. Untuk produk dingin, suhu sebaiknya dipertahankan antara -2°C dan $+4^{\circ}\text{C}$ setiap waktu selama penyimpanan. Untuk produk beku, suhu sebaiknya dipertahankan di bawah -18°C setiap waktu selama penyimpanan.

9 Kriteria untuk Menilai Efektivitas Proses Radiasi dalam Mengendalikan Bakteri Patogen, Parasit dan Organisme Pembusuk (lihat CAC/GL 21-1997 (16))

9.1 Beberapa negara tertentu memiliki batas maksimum yang wajib dipenuhi bagi bakteri patogen, yang, jika melebihi, menjadikan produk tersebut tidak dapat digunakan.

9.2 Kriteria untuk jumlah standar angka lempeng total (ALT) ditetapkan oleh persyaratan pelanggan berdasarkan pada penggunaan akhir produk dan persyaratan yang berlaku.

9.3 Kegagalan pemenuhan kriteria butir 9.1 dan 9.2 sebaiknya mengarahkan perhatian ke proses pabrikasi dan melihat kembali GMP, jika perlu. Pemrosesan dengan radiasi harus tidak berfungsi untuk mengembalikan ALT semula; persyaratan awal menggunakan proses radiasi untuk menghilangkan risiko residu dari kandungan mikroorganisme patogen adalah ALT berada pada atau di bawah tingkat yang dapat diterima yang ditetapkan sebelumnya.



Gambar 1 Logo Radura

10 Dokumentasi

10.1 Sebelum iradiasi - lihat butir 5.2

10.2 Pasca Iradiasi:

10.2.1 Rekam dan dokumentasikan tanggal produk diiradiasi, waktu proses iradiasi dimulai dan diakhiri, kenaikan suhu selama iradiasi, suhu dan kondisi *lot* setelah iradiasi, tanggal *lot* meninggalkan fasilitas, nama operator, dan kondisi khusus yang dapat mempengaruhi proses iradiasi atau produk iradiasi.

10.2.2 Rekam dan dokumentasikan semua data dosimetri yang terkait dengan pemetaan dosis serap produk dan proses rutin (lihat Pedoman ISO/ASTM 51204 dan 51431) (8, 17).

10.2.3 Rekam dan dokumentasikan setiap penyimpangan dari proses yang dijadwalkan untuk menilai validitas proses.

10.2.4 Audit semua dokumentasi sebelum melepas produk untuk memastikan bahwa rekaman akurat dan lengkap. Orang yang melakukan audit sebaiknya menandatangani

dokumentasi. Buat semua defisiensi sebagai subjek file terpisah yang tersedia untuk diperiksa oleh badan regulasi.

10.3 Penyimpanan rekaman - Simpan semua rekaman setiap *lot* yang diiradiasi di fasilitas selama periode waktu yang ditentukan oleh otoritas terkait dan tersedia untuk pemeriksaan jika diperlukan **(10)**.

11 Kata kunci

11.1 Bakteri; ternak; ayam; bebek; pangan; kambing; angsa; kelinci; HACCP; kuda dan sejenisnya; iradiasi; pelabelan; daging; mikroorganisme; keledai; kemasan; parasit; patogen; merpati; unggas; pengolahan; domba; babi; kalkun



Lampiran (Informatif)

X1. Sensitivitas bakteri terhadap radiasi yang ditemukan dalam produk daging dan unggas

Tabel X1.1 memberikan beberapa informasi, yang diambil dari literatur ilmiah, tentang sensitivitas bakteri patogen vegetatif utama terhadap radiasi (nilai D_{10}) yang ditemukan dalam produk daging dan unggas.

Tabel X1.1 Nilai D_{10} (kGy) untuk Bakteri Patogen bawaan pangan dalam Daging dan Unggas pada Suhu Iradiasi 5°C dan -20°C

<i>Pathogen</i>	<i>D10 value (kGy) @ 0-5°C</i>	<i>D10 value (kGy) @ $\leq -20^\circ\text{C}$</i>	<i>References</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	0.18 ± 0.00	0.24 ± 0.02	A
<i>Escherichia coli</i>	0.30 ± 0.02	0.57	B, C
O157:H7	0.24 ± 0.01	0.31 ± 0.24	A
	0.54 ± 0.01		D
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.45 ± 0.03	1.21 ± 0.06	C, D
	0.59 ± 0.06	0.61 ± 0.04	E
	0.61 ± 0.06		F
<i>Salmonella species</i>	0.41 ± 0.00	0.63 ± 0.00	G
	0.70 ± 0.04	0.92	C, H
	0.62 ± 0.09	0.80 ± 0.05	A
	0.64 ± 0.02		D
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.46 ± 0.02	0.74	C, I, J
	0.45 ± 0.04	0.45 ± 0.04	G
	0.66 ± 0.01		D
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0.19 ± 0.01	0.40 ± 0.01	K
	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.01	L

^A Clavero, M. R. S., Monk, J. D., Beuchat, L. R., Doyle, M. P., and Brackett, R. E., "Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, salmonellae, and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation," *Appl. Environ. Microbiol.*, 60: 1994, 2069-2075.

^B Thayer, D. W., and Boyd, G., "Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation," *Appl. Environ. Microbiol.*, 59: 1993, 1030-1034.

^C Thayer, D. W., G., Boyd, J. B. Fox Jr., Lakritz, L., and Hampson, J. W., "Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat," *J. Food Sci.*, 60: 1995, 63-67.

^D Jo, C., Lee, N. Y., Kang, H. J., Shin, D. H., and Byun, M. W. "Inactivation of foodborne pathogens in marinated beef rib by ionizing radiation," *Food Microbiol.*, 21: 2004, 543-548.

^E Thayer, D. W. and Boyd, G., "Radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* on beef as affected by temperature," *J. Food Sci.*, 60: 1995, 237-240.

^F Sommers, C. H., and Thayer, D. W., "Survival of surface-inoculated *Listeria monocytogenes* on commercially available frankfurters following gamma irradiation," *J. Food Safety*, 2000, 127-137.

^G Monk, J. D., Clavero, M. R. S., Beuchat, L. R., Doyle, M. P., and Brackett, R. E., "Irradiation inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in low and high-fat, frozen and refrigerated ground beef," *J. Food Prot.*, 57: 1994, 969-974.

^H Previte, J. J., Chang, Y., and El Bisi, H. M., "Effects of radiation pasteurization on *Salmonella* I. Parameters affecting survival and recovery from chicken," *Can. J. Microbiol.*, 16: 1970, 465-471.

^I Thayer, D. W. and Boyd, G., "Survival of *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 on the surface of chicken legs or in mechanically deboned chicken meat gamma irradiated in air or vacuum at temperatures of -20 to +20 C," *Poultry Science*, 1991, 70:1026-1033.

^J Thayer, D. W. and Boyd, G., "Gamma ray processing to destroy *Staphylococcus aureus* in mechanically deboned chicken meat," *J. Food Sci.*, 57: 1992, 848-851.

- ^K Sommers, C. H., Niemira, B. A., Tunick, M., and Boyd, G., "Effect of temperature on the radiation resistance of virulent *Yersinia enterocolitica*," *Meat Science*, 61: 2002, 323-328.
- ^L Kamat, A. S., Khare, S., Doctor, T., and Nair, P. M., "Control of *Yersinia enterocolitica* in raw pork and pork products by gamma irradiation," *Int. J. Food Microbiol.*, 36: 1997, 69-76.



Bibliografi

- (1) International Consultative Group on Food Irradiation, *Code of Good Irradiation Practice for Prepackaged Meat and Poultry (To control pathogens and/or extend shelf-life)*, ICGFI Document No. 4, Issued by the Secretariat of ICGFI, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria 1991.
- (2) United States Code of Federal Regulations, Title 9, Section 301.2(qq), Washington, DC.
- (3) United States Code of Federal Regulations, Title 9, Section 381.1(b)(40), Washington, DC.
- (4) United States Code of Federal Regulations, Title 21, Part 110 *Current Good Manufacturing Practices in Manufacturing, Packaging, or Handling Human Food*, Washington, DC.
- (5) United States Code of Federal Regulations, Title 9, Part 416 *Sanitation*, Washington, DC.
- (6) National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, *Hazard Analysis and Critical Control Point Principles and Application Guidelines*, USDA, Food Safety and Inspection Service, Washington, DC, August 1997.
- (7) U.S. Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, *Generic HACCP Model for Irradiation*, HACCP-8, Washington, DC, April 1997.
- (8) *Dosimetry for Food Irradiation*, Technical Reports Series No. 409, International Atomic Energy Agency, Vienna 2002.
- (9) Ehlermann, D., Process Control and Dosimetry in Food Irradiation, *Food Irradiation: Principals and Applications*, Molins, R. A., ed., John Wiley & Sons, New York, 2001, pp. 387-413.
- (10) Luchsinger, S. E., et. al. *Sensory Analysis and Consumer Acceptance of Irradiated Boneless Pork Chops*, J. Food Sci. 61(6), 1996, pp. 1261-1266.
- (11) Luchsinger, S. E., et. al. *Sensory Analysis of Irradiated Ground Beef Patties and Whole Muscle Beef*, Journal of Sensory Studies 12, 1997, pp. 105 -126.
- (12) Dickson, J. S., "Radiation Inactivation of Microorganisms," *Food Irradiation: Principals and Applications*, Molins, R. A., ed., John Wiley & Sons, New York, 2001, pp. 23-35.
- (13) Molins, R. A., "Irradiation of Meats and Poultry," *Food Irradiation: Principals and Applications*, Molins, R. A., ed., John Wiley & Sons, New York, 2001, pp. 131-191
- (14) Dubey, J. P. and Thayer, D. W., *Killing of Different Strains of Toxoplasma gondii Tissue Cysts by Irradiation Under Defined Conditions*, J. Parasitol, 80: 1994, pp. 764-767.
- (15) US Department of Agriculture-Agricultural Research Service. 2004. Pathogen Modeling Program Version 7.0, <http://www.arserrc.gov/mfs/pathogen.htm>, free of charge. Contact Mark Tamplin, Eastern Regional Research Center, 600 East Mermaid Lane, Wyndmoor, PA 19038 (215) 836-3794.
- (16) Farkas, J. *Decontamination, Including Parasite Control, of Dried, Chilled, and Frozen Foods by Irradiation*, Acta-Alimentaria. 16, 1987, pp. 351-384.
- (17) McLaughlin, W. L., Boyd, A.W., Chadwick, K. H., McDonald, J. C., and Miller, A., *Dosimetry for Radiation Processing*, Taylor and Francis, London, New York, Philadelphia, 1989.